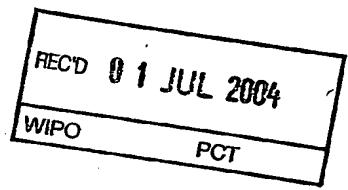


# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 18 963.7

Anmeldetag: 26. April 2003

Anmelder/Inhaber: ADAM OPEL AG, 65423 Rüsselsheim/DE

Bezeichnung: Verbrennungsmotor für den Betrieb mit zwei unterschiedlich klopfesten Kraftstoffen

IPC: F 02 D, F 02 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Mai 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Höß

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161  
03/00  
EDV-L

Adam Opel AG  
65423 Rüsselsheim

23. April 2003  
2003P30244 St/Schw

5

Verbrennungsmotor für den Betrieb mit zwei unterschiedlich klopfesten Kraftstoffen

10

B e s c h r e i b u n g

Die Erfinung behandelt einen Verbrennungsmotor für den Betrieb mit wenigstens zwei unterschiedlich klopfesten Kraftstoffen, mit wenigstens einem Zylinder, in dem die Verbrennung des Kraftstoffs zyklisch stattfindet, und einem Dosiersystem zum Zuführen einer geregelten Menge an Kraftstoff in den Zylinder in jedem Zyklus. Einem solchen erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor lassen sich beispielsweise entweder Erdgas oder Benzin als Kraftstoff zuführen.

Es sind sogenannte Vielstoffmotore nach dem Otto-Prinzip bekannt, die mit unterschiedlichen Kraftstoffen arbeiten können. In einem solchen Motor wird ein Luft-Kraftstoff-Gemisch vor einer fremdeingeleiteten Zündung verdichtet. Das Verdichten kann auch vor der fremdeingeleiteten Zündung zu einer spontanen Zündung führen, die unerwünscht ist. Im Allgemeinen weisen verschiedene Kraftstoffe unterschiedliche Klopfestigkeiten auf, d.h. ihr Gemisch mit Luft kann unterschiedlich stark verdichtet werden, bevor es zur spontanen Entzündung kommt. Um den Kraftstoff optimal zu nutzen, ist es wünschenswert, ihn vor dem fremdeingeleiteten Zünden so stark wie möglich zu verdichten. Die geometrische Verdichtung eines Motors ist jedoch meist eine durch seine Konstruktion

jedoch meist eine durch seine Konstruktion festgelegte, unveränderliche Größe. Daher kann ein solcher Motor nur für einen Kraftstoff mit einer bestimmten Klopffestigkeit optimal konstruiert und justiert sein. Wird dieser Motor 5 mit einem anderen Kraftstoff mit geringerer Klopffestigkeit betrieben, so kann es zum Klopfen kommen, wodurch der Motor beschädigt werden kann.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen  
10 Verbrennungsmotor zu schaffen, der mit zwei unterschiedlich klopfesten Kraftstoffen betrieben werden kann und dabei sowohl einen guten Wirkungsgrad beim Betrieb mit dem kloppfesteren Kraftstoff erreicht als auch ein Klopfen beim Betrieb mit dem weniger klopfesten 15 Kraftstoff wirksam vermeidet.

Die Aufgabe wird durch einen Verbrennungsmotor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

20 Ein solcher erfindungsgemäßer Verbrennungsmotor kann in an sich bekannter Weise, insbesondere durch sein geometrisches Verdichtungsverhältnis, für den Betrieb mit dem kloppfesteren der betrachteten Kraftstoffe optimiert sein. Ein Klopfen beim Betrieb mit dem weniger klopfesten Kraftstoff wird dadurch vermieden, dass das Dosiersystem eingerichtet ist, bei Verwendung des weniger klopfesten Kraftstoffes eine kleinere Menge an Luft-Kraftstoff-Gemisch zuzuführen als bei Verwendung des kloppfesteren Kraftstoffs, was einer Verringerung des effektiven Verdichtungsverhältnisses für den weniger klopfesten Kraftstoff entspricht. Der Druck dieser kleineren Menge im Zylinder ist geringer, als wenn eine größere Menge des kloppfesteren Gemisches zugeführt wird, so dass kritische Zustandsgrößen, die zur spontanen 30 Verbrennung des Kraftstoffs führen können, auch am oberen Totpunkt des Zylinders noch nicht erreicht werden.  
35

Eine Verringerung der Menge des weniger klopfesten Gemisches wird man zweckmäßigerweise nur dann vorsehen, wenn dies zur Unterdrückung des Klopfens tatsächlich erforderlich ist, insbesondere im hohen Drehzahlbereich des Motors. Bei niedrigen Drehzahlen hingegen kann die zugeführte Gemischmenge für beide Kraftstoffe die gleiche sein.

10 Die Steuerung der zugeführten Gemischmenge kann zweckmäßig dadurch realisiert werden, dass das Dosiersystem über wenigstens zwei Dosievorschriften verfügt und die zum Dosieren des Luft-Kraftstoff-Gemisches verwendete Vorschrift jeweils anhand des zugeführten Kraftstoffs auswählt.

20 Die Dosievorschrift spezifiziert vorzugsweise die maximal zuzuführende Menge an Luft-Kraftstoff-Gemisch als Funktion der Drehzahl des Verbrennungsmotors.

Der Verbrennungsmotor weist zweckmäßigerweise eine Ventilanordnung mit einer Mehrzahl von Schaltstellungen auf, in denen jeweils einer von mehreren Eingängen der Ventilanordnung, die jeweils mit einem Tank für unterschiedliche Kraftstoffe verbunden sein können, mit einer Zuführleitung des Motors verbunden ist, wobei die von dem Dosiersystem verwendete Dosievorschrift an die Schaltstellung der Ventilanordnung gekoppelt ist. Dies ermöglicht bei einem Umschalten von einem klopfesten auf einen weniger klopfesten Kraftstoff eine Anpassung der dem Zylinder zugeführten Gemischmenge rechtzeitig mit Beginn der Verbrennung des weniger klopfesten Kraftstoffs und somit einen wirksamen Schutz des Motors.

Eine solche Ventilanordnung kann z.B. durch ein Wegeventil, das wahlweise einen der Tanks mit der Zuführleitung des Motors verbindet, oder durch zwei Sperrglieder, die jeweils zwischen einem der Tanks und der Zuführleitung angeordnet sind, gebildet sein. Die erste Alternative bietet sich insbesondere bei Kraftstoffen an, die über einen gemeinsamen Injektor in die Zuführleitung eingespeist werden können, d.h. insbesondere für zwei flüssige Kraftstoffe. Die zweite Alternative erlaubt die Verwendung von unterschiedlichen Injektoren für die verschiedenen Kraftstoffe und ist daher bevorzugt, wenn Kraftstoffe mit unterschiedlichen Aggregatzuständen eingesetzt werden.

Zum Dosieren der zugeführten Gemischmenge verfügt das Dosiersystem zweckmäßigerweise über einen Engpass mit steuerbarem Querschnitt in der Zuführleitung. Der Engpass ist vorzugsweise in einem stromaufwärts vom Injektor/den Injektoren gelegenen Stelle in der Zuführleitung angeordnet, d.h. an einer Stelle, wo die Zuführleitung nur Luft führt. Durch Reduzieren des Querschnitts bei Verwendung eines wenig klopfesten Kraftstoffs kann die zugeführte Luftmenge reduziert werden. Entsprechend dieser Luftmenge regelt das Dosiersystem die am Injektor eingespeiste Kraftstoffmenge, so dass ein gewünschtes Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei der Verbrennung eingehalten wird.

Bei dem Engpass handelt es sich vorzugsweise um eine Drosselklappe. Während herkömmlicherweise deren Durchgangsquerschnitt allein durch das Steuersignal festgelegt ist, das z.B. mit Hilfe eines Fahrpedals erzeugt wird, hängt erfindungsgemäß die Stellung der Drosselklappe nicht nur von dem Steuersignal, sondern zusätzlich von der Art des verwendeten Kraftstoffs ab.

Besonders bevorzugt verfügt das Dosiersystem über einen Vorverdichter oder Lader in der Zuführleitung, dessen Sekundärdruck bei Verwendung des weniger klopfesten Kraftstoffs niedriger als bei Verwendung des 5 klopfesteren Kraftstoffs eingestellt sein kann. Auch dieser ist vorzugsweise stromaufwärts von dem Injektor/den Injektoren in der Zuführleitung angeordnet, so dass er nur auf die dem Motor zugeführte Frischluft wirkt, und die am Injektor eingespeiste Kraftstoffmenge 10 wird vom Dosiersystem jeweils so geregelt, dass das gewünschte Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei der Verbrennung eingehalten wird.

Bevorzugterweise ist der Verbrennungsmotor für 15 den Betrieb mit einem flüssigen Kraftstoff, insbesondere Benzin und mit einem gasförmigen Kraftstoff, insbesondere Erdgas ausgelegt. Dabei ist der Begriff „gasförmig“ nicht unbedingt auf den Aggregatzustand zu beziehen, in dem der Kraftstoff in einem Tank des Fahrzeugs vorliegt, sondern 20 auf den Aggregatzustand, in dem er vor der Verbrennung mit Luft gemischt wird.

Bei einem solchen Motor ist die Ventilanordnung vorzugsweise gebildet durch ein erstes Sperrventil, das 25 zwischen dem Tank für den gasförmigen Kraftstoff und der Kraftstoffzuführleitung des Motors angeordnet ist, und eine zwischen dem Tank für den flüssigen Kraftstoff und der Kraftstoffzuführleitung angeordnete Pumpe, die im ausgeschalteten Zustand eine Sperrwirkung entfaltet und 30 so als zweites Sperrventil fungiert.

Vorteilhafterweise weist der Verbrennungsmotor ein Verdichtungsverhältnis von wenigstens 11,5, vorzugsweise von ca. 12,5 bis 13 auf. Dieses 35 Verdichtungsverhältnis ist höher als das für

benzinbetriebene Motoren typische Verhältnis von ca. 10,5 und gut an die hohe Klopffestigkeit von Erdgas angepasst.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein  
5 Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst.

Dabei wird vorzugsweise, wenn ein anderer als  
der klopfesteste Kraftstoff ausgewählt ist, die  
zugeführte Menge an Gemisch kleiner als die maximal dem  
10 Motor zuzuführende Gemischmenge gehalten, um zu  
verhindern, dass das Gemisch im Zylinder Zustandsgrößen  
erreicht, bei denen Klopfgefahr besteht.

Vorteilhafterweise wird das Verfahren zum  
15 Verbrennen von Benzin in einem Motor mit einem  
Verdichtungsverhältnis von mindestens 11,5, vorzugsweise  
ca. 12,5 bis 13, eingesetzt.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel für  
20 einen erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor näher  
beschrieben. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines  
Fahrzeugs mit einem erfindungsgemäßen  
25 Verbrennungsmotor;

Fig. 2 Motorkennlinien des erfindungsgemäßen  
Verbrennungsmotors bei Erdgasbetrieb;  
und

30 Fig. 3 Motorkennlinien des erfindungsgemäßen  
Verbrennungsmotors bei Benzinbetrieb.

Als Beispiel für einen erfindungsgemäßen  
35 Verbrennungsmotor wird anhand von Fig. 1 ein Otto-Motor  
beschrieben, der sowohl mit Erdgas als auch mit Benzin

betrieben werden kann. Der erfindungsgemäße Otto-Motor hat einen Motorblock 11 mit typischerweise vier oder sechs Zylindern, der für einen hauptsächlichen Betrieb mit Erdgas als Kraftstoff konstruiert und ausgelegt ist.

5 Da die Klopffestigkeit von Erdgas der eines Benzins mit bis zu ROZ 130 entspricht, während Normalbenzin einen Wert von ROZ 95 aufweist, ist der erfindungsgemäße Otto-Motor mit einer Verdichtung von ca. 13:1 gegenüber einer Verdichtung von 10,5:1 gewöhnlicher, benzinbetriebener

10 Otto-Motoren ausgeführt. Diese größere Verdichtung wird durch die höhere Klopffestigkeit von Erdgas gegenüber Benzin ermöglicht und führt zu einem höheren thermischen Wirkungsgrad des erfindungsgemäßen Otto-Motors, der um 5 % bis 7 % über dem thermischen Wirkungsgrad eines

15 benzinbetriebenen normalen Otto-Motors liegt.

Der Motorblock 11 ist in einem Kraftfahrzeug eingebaut, das über zwei Kraftstofftanks 12, 13 verfügt, einen Haupttank 12 für Erdgas und einen Hilfstank 13 für Benzin. Der Hilfstank 13 für Benzin ist notwendig, da derzeit die Zahl der Tankstellen, an denen Erdgas getankt werden kann, noch gering ist und es notwendig werden kann, das Fahrzeug zeitweise mit Benzin zu betreiben, um die nächstgelegene Erdgastankstelle auch dann sicher erreichen zu können, wenn der Haupttank 12 leer ist.

Im Reservebetrieb wird daher der erfindungsgemäße Otto-Motor mit Benzin statt mit Erdgas betrieben. Jedoch würde Benzin bei der hohen Verdichtung von ca. 13:1, für die der erfindungsgemäße Otto-Motor ausgelegt ist, klopfend verbrennen und zu Motorschäden führen, wenn bei Benzinbetrieb dem Motor die gleiche maximale Menge an Luft-Kraftstoff-Gemisch zugeführt würde, die für den Betrieb mit Erdgas bei gleicher Drehzahl des Motors angemessen ist. Um dies zu verhindern, ist ein Dosiersystem 14 des erfindungsgemäßen

Otto-Motors, das dazu dient, dem Motorblock 11 normalerweise Erdgas aus dem Tank 12, und wenn dieser leer ist, Benzin aus dem Tank 13 zuzuführen, ausgelegt, bei der Dosierung der dem Motor in jedem 5 Verbrennungszyklus zugeführten Gemischmenge die Art des zugeführten Kraftstoffs zu berücksichtigen.

Das Dosiersystem 14 umfasst eine Ventilanordnung, eine Drosselklappe 16 und eine 10 elektronische Steuerschaltung 17. Die Ventilanordnung dient dazu, jeweils nur den Zutritt eines Kraftstoffs zu einer Zufuhrleitung 23 des Motors zuzulassen. Sie umfasst ein Sperrventil 15 und eine Benzinpumpe 20, die jeweils den Haupttank 12 bzw. den Hilfstank 13 mit einem Injektor 15 21 bzw. 22 verbinden, der an der Zufuhrleitung 23 des Motors abgeordnet ist. In der Zufuhrleitung ist stromaufwärts von den Injektoren 21, 22 auch die Drosselklappe 16 angeordnet. Die Benzinpumpe 20 ist von einer Bauart, die, wenn sie nicht in Betrieb ist, die 20 Leitung, in der sie angeordnet ist, absperrt, z. B. eine Kolbenpumpe. Dadurch ist beim Betrieb mit Erdgas ausgeschlossen, dass gleichzeitig Benzin in die Zufuhrleitung 23 gelangt oder Erdgas-Luft-Gemisch den Hilfstank erreicht.

25 Die elektronische Steuerschaltung 17 empfängt über einen ersten Signaleingang ein z.B. von der Stellung eines Fahrpedals 18 abhängiges Leistungswunschsignal, über einen zweiten Signaleingang ein Signal von einem an 30 einer Welle des Motors 11 angeordneten Drehzahlsensor 19 und über einen dritten Signaleingang ein Signal, das die anzeigt, welche Kraftstoffversorgung momentan in Betrieb ist, d.h. ob das Sperrventil 15 offen oder die Benzinpumpe 20 eingeschaltet ist. Je nachdem, welche 35 Kraftstoffversorgung in Betrieb ist, verwendet die Steuerschaltung 17 eine von zwei vorgegebenen, jeweils in

einem elektronischen Speicher der Steuerschaltung abgelegten Dosievorschriften, um die Stellung der Drosselklappe 16 und damit die Menge an jedem Zylinder zugeführtem Luft-Kraftstoff-Gemisch zu regeln. Diese 5 Dosievorschriften legen die zugeführte Gemischmenge in Abhängigkeit von der vom Motor verlangten Leistung bzw. der hierfür repräsentativen Stellung des Fahrpedals 18 fest. Zumindest die für den weniger klopfesten Kraftstoff verwendete Dosierungsvorschrift beinhaltet 10 ferner eine obere Grenze der zugeführten Gemischmenge, die unabhängig von der jeweils verlangten Leistung nicht überschritten werden soll, um Klopfen im Motor 11 zu vermeiden. Diese obere Grenze ist festgelegt in Abhängigkeit von der von dem Sensor 19 erfassten Drehzahl 15 des Motors. Sie kann ermittelt werden, in dem an einem Motorprototypen für eine Mehrzahl von Drehzahlen die mechanische Belastung variiert wird und die obere Grenze der zugeführten Gemischmenge ausgetestet wird, die zugeführt werden darf, ohne dass es zum Klopfen kommt. 20 Dabei zeigt sich, dass es insbesondere bei hohen Drehzahlen erforderlich ist, die maximal zugeführte Gemischmenge für das weniger klopfeste Gemisch auf einen Wert zu begrenzen, der kleiner ist als die bei gleicher Drehzahl maximal zugeführte Menge des klopfesten 25 Gemisches, während bei niedrigeren Drehzahlen die maximal zugeführten Mengen eventuell auch gleich angesetzt werden können:

Selbstverständlich kann eine solche 30 drehzahlabhängige obere Grenze der zugeführten Gemischmenge auch für den kloppfesteren Kraftstoff insbesondere in bestimmten Drehzahlbereichen vorgesehen werden.

35 Die Regelung der Gemischmenge, die unterhalb dieser Obergrenze in Abhängigkeit von der Belastung des

Motors bzw. der ihm abverlangten Leistung gesteuert wird, kann im Prinzip in herkömmlicher Weise erfolgen, wobei allerdings die Abhängigkeit der zugeführten Gemischmenge von der verlangten Leistung bei gegebener Drehzahl für beide Kraftstoffe unterschiedlich sein kann.

Anstelle der Drosselklappe 16 kann in der Zuführleitung 23 auch ein Vorverdichter oder Lader angeordnet sein, der Frischluft mit einem regelbaren Überdruck in die Zuführleitung einspeist. In diesem Fall setzt sich die effektive Verdichtung des Luft-Kraftstoff-Gemischs im Zylinder zusammen aus der Vorverdichtung durch den Lader und der geometrischen Verdichtung im Zylinder. In analoger Weise wie oben für die Drosselklappe beschrieben, lässt sich auch durch Betreiben des Laders mit je nach verwendetem Kraftstoff unterschiedlicher Verdichtung die dem Zylinder zugeführte Gemischmenge bei Verwendung des weniger klopfesten Kraftstoffs verringern.

In Fig. 2 sind in einem Diagramm verschiedene Motorkennlinien des erfindungsgemäßen Otto-Motors dargestellt, die auf einem Prüfstand ermittelt wurden. Der Otto-Motor wurde dabei mit Erdgas betrieben. Alle Kennlinien sind in Abhängigkeit von der Drehzahl des Motors aufgetragen, die entlang der X-Achse in Umdrehungen pro Minute eingetragen ist. Kennlinie 1 zeigt die ermittelte Motorleistung. Diese beginnt bei einer Motordrehzahl von 1000 U/min bei 10 kW und steigt bis zu einer Motordrehzahl von knapp oberhalb 6000 U/min auf 70 kW an. Der Anstieg verläuft dabei monoton wachsend mit einem leichten Knick bei ungefähr 4000 U/min und 60 kW.

Kennlinie 2 stellt das vom Motor erzeugte Drehmoment M dar. Es beginnt bei 1000 U/min mit rund 98 Nm und steigt bis knapp oberhalb 4000 U/min auf rund 137

Nm an, um über 4000 U/min hinaus wieder abzufallen.

Fig. 3 zeigt entsprechende Kennlinien für denselben Motor, wenn er mit Benzin als Kraftstoff betrieben wird. Auf den ersten Blick ist ein ungleichmäßigerer Verlauf der Kennlinien der Fig. 3 im Vergleich zu den Kennlinien der Fig. 2 zu bemerken. So wächst beispielsweise die Kennlinie 4 für die Motorleistung P im Bereich von 1000 U/min bis 4000 U/min streng monoton von 10 kW auf ungefähr 47 kW an, um bei Drehzahlen oberhalb von 4000 U/min einen abwechselnd abfallenden und steigenden Verlauf aufzuweisen. Im dargestellten Drehzahlbereich erreicht die Kennlinie 4 knapp oberhalb 5000 U/min ihr Maximum mit 52 kW. Dieses Maximum liegt deutlich unterhalb des Maximums von 70 kW der Kennlinie 1.

Ähnlich verhält es sich mit der Kennlinie 5 für das Drehmoment M des Motors. Diese steigt im Bereich von 1000 U/min bis 4000 U/min von 75 Nm auf 113 Nm monoton wachsend an. Oberhalb 4000 U/min fällt sie jedoch stärker ab als die Kennlinie 2, um zwischen 4500 U/min bis 5500 U/min geringfügig anzusteigen und anschließend abrupt abzufallen.

Ein direkter Vergleich der Leistungskennlinien 1 und 4 zeigt, dass die mit Benzin als Kraftstoff erreichte Leistung für Drehzahlen N bis 4000 U/min geringfügig kleiner als die mit Erdgas erreichte ist. Mit steigender Drehzahl N vergrößert sich der Unterschied zwischen den Kennlinien 1 und 4. Für Drehzahlen N oberhalb 4000 U/min macht sich die Differenz der Kurven 1 und 4 deutlich bemerkbar, d.h. für diese Drehzahlen sind mit dem Motor im Benzinbetrieb deutlich schwächere Leistungen zu erzielen.

Die abgefallene Motorleistung P und das kleinere Drehmoment M des Motors sind im allgemeinen jedoch zweitrangig und hinnehmbar, da der Betrieb des Motors mit Benzin nur im Reservebetrieb bzw. im 5 Notbetrieb erfolgt. Die zur geringeren Leistung führende Begrenzung der Gemischmenge verhindert zuverlässig ein motorschädliches Klopfen im Betrieb mit dem weniger klopfesten Kraftstoff.

B e z u g s z e i c h e n l i s t e

1. Leistungskennlinie
- 5 2. Drehmoment
3. Luftverhältnis
4. Leistungskennlinie
5. Drehmoment
6. Luftverhältnis
- 10 11 Motorblock
- 12 Haupttank
- 13 Hilfstank
- 14 Dosiersystem
- 15 Sperrventil
- 15 16 Drosselklappe
- 17 Steuerschaltung
- 18 Gaspedal
- 17 19 Drehzahlmesser
- 20 Pumpe
- 20 21 Injektor
- 22 Injektor
- 23 Zuführleitung

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verbrennungsmotor für den Betrieb mit wenigstens zwei unterschiedlich klopfesten Kraftstoffen, mit 5 wenigstens einem Zylinder, in dem die Verbrennung des Kraftstoffs zyklisch stattfindet, und einem Dosiersystem (14) zum Zuführen einer anhand eines Steuersignals geregelten Menge an Luft-Kraftstoff-Gemisch in den Zylinder in jedem Zyklus, dadurch gekennzeichnet, dass das Dosiersystem (14) 10 eingerichtet ist, bei Verwendung des weniger klopfesten Kraftstoffes bei einem gegebenen Wert des Steuersignals eine erste Menge an Luft-Kraftstoff-Gemisch zuzuführen, die kleiner ist als 15 eine bei Verwendung des klopfesteren Kraftstoffs beim gleichen Wert des Steuersignals zugeführte zweite Menge.
2. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1, dadurch 20 gekennzeichnet, dass das Dosiersystem eingerichtet ist, nur unter definierten Betriebsbedingungen des Motors die kleinere Menge des weniger klopfesten Gemischs zuzuführen und sonst entweder das klopfestere oder das weniger klopfestere Gemisch 25 in jeweils gleicher Menge zuzuführen.
3. Verbrennungsmotor nach Anspruch 2, dadurch 30 gekennzeichnet, dass die definierten Betriebsbedingungen einem hohen Drehzahlbereich des Motors entsprechen.
4. Verbrennungsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das 35 Dosiersystem über wenigstens zwei Dosievorschriften verfügt und die zum Dosieren des Luft-

Kraftstoffgemisches verwendete Vorschrift anhand des jeweils zugeführten Kraftstoffs auswählt.

5. Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jede Dosievorschrift eine maximal zuzuführende Menge an Luft-Kraftstoff-Gemisch als Funktion der Drehzahl des Verbrennungsmotors spezifiziert.

10 6. Verbrennungsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Ventilanordnung (15, 20) mit mehreren Eingängen und einer Mehrzahl von Schaltzuständen, in denen jeweils einer der Eingänge der Ventilanordnung (15, 20) mit einer Zuführleitung (23) des Motors (11) verbunden ist, wobei die von dem Dosiersystem (14) verwendete Dosievorschrift an den Schaltzustand der Ventilanordnung (15, 20) gekoppelt ist.

15 7. Verbrennungsmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilanordnung eine Mehrzahl von jeweils zwischen einem der Eingänge und der Zuführleitung (23) angeordneten Sperrgliedern (15, 20) umfasst.

20 8. Verbrennungsmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eines der Sperrglieder ein Sperrventil (15) und eines eine Pumpe (20) ist.

25 9. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Dosiersystem (14) einen Engpass (16) mit steuerbarem Querschnitt in der Zuführleitung umfasst.

10. Verbrennungsmotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Engpass (16) eine Drosselklappe ist.

5 11. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Dosiersystem (14) einen Lader in der Zuführleitung umfasst.

10 12. Verbrennungsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er für den Betrieb mit Benzin und mit Erdgas ausgelegt ist.

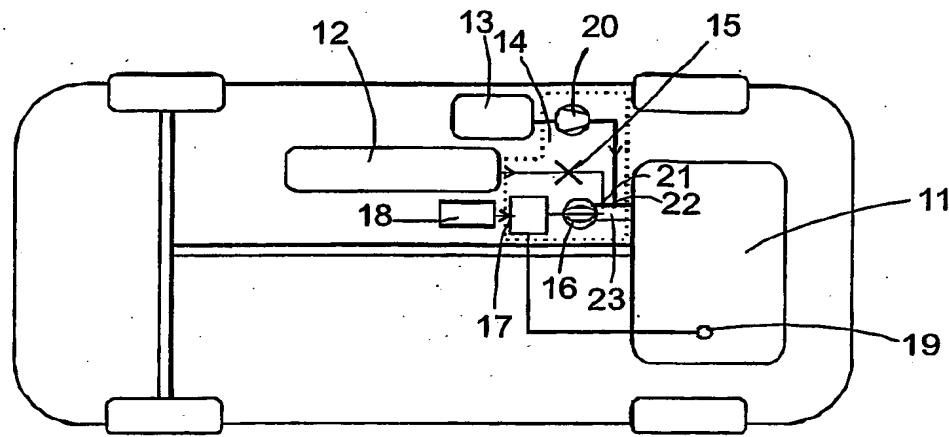
15 13. Verbrennungsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er ein Verdichtungsverhältnis von wenigstens 11,5, vorzugsweise von ca. 12,5 bis 13, aufweist.

20 14. Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors, bei dem ein Kraftstoff unter wenigstens zwei Kraftstoffen unterschiedlicher Klopffestigkeit ausgewählt wird und einem Zylinder des Motors zyklisch eine in Abhängigkeit von einem Steuersignal geregelte Menge eines Gemisches von Luft und dem Kraftstoff zugeführt und in dem Zylinder zur Verbrennung gebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass die zugeführte Menge ferner in Abhängigkeit von der Art des in dem Gemisch zugeführten Kraftstoffs geregelt wird, wobei die bei gleichem Wert des Steuersignals zugeführte Menge für einen Kraftstoff, 25 geringer Klopffestigkeit wenigstens unter definierten Betriebsbedingungen kleiner ist als für einen Kraftstoff hoher Klopffestigkeit.

30 35 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass es zum wahlweisen Verbrennen von Benzin oder Erdgas in einem Motor mit einem

Verdichtungsverhältnis von mindestens 11,5,  
vorzugsweise ca. 12,5 bis 13, eingesetzt wird.

Fig.1



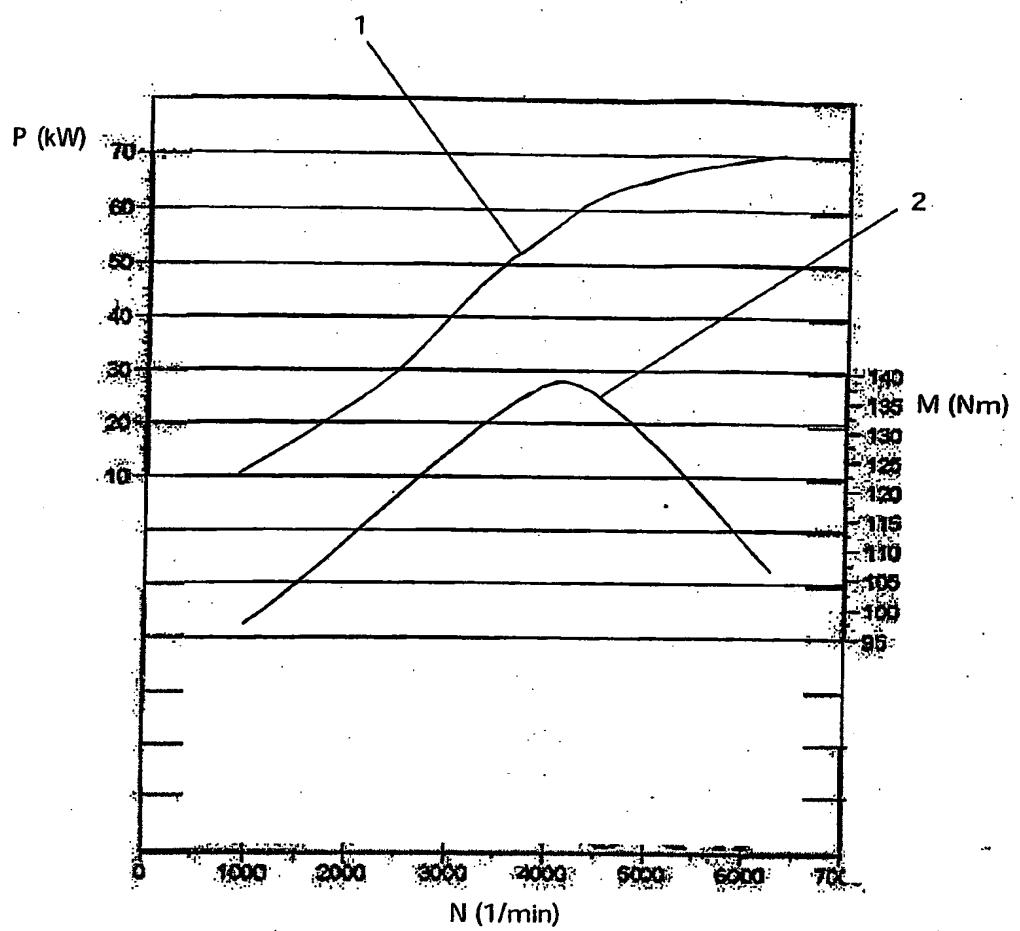


Fig. 2

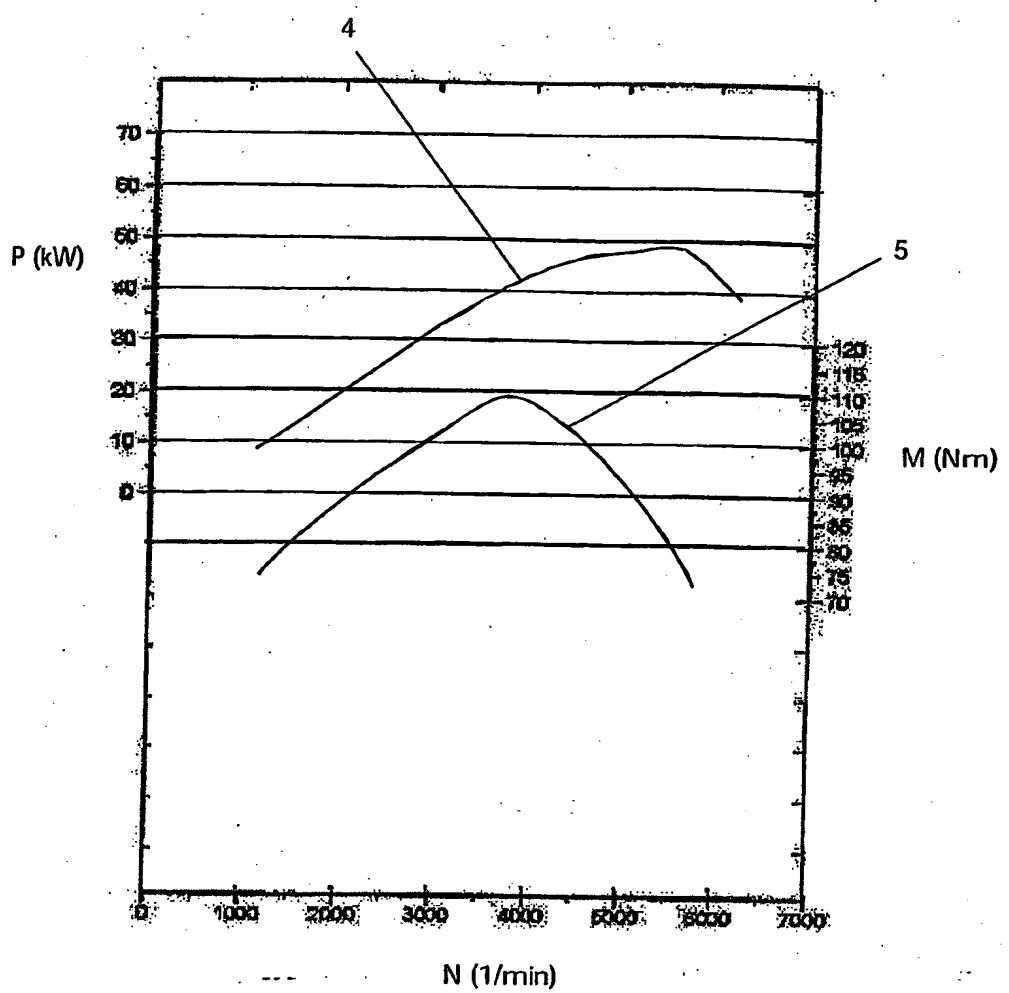


Fig. 3

Z u s a m m e n f a s s u n g

Ein Verbrennungsmotor für den Betrieb mit wenigstens zwei unterschiedlich klopfesten Kraftstoffen  
5 mit wenigstens einem Zylinder, in dem die Verbrennung des Kraftstoffs zyklisch stattfindet, ist mit einem Dosier-  
system zum Zuführen einer geregelten Menge an Kraftstoff  
in den Zylinder in jedem Zyklus ausgestattet. Dabei ist  
10 das Dosiersystem so eingerichtet, dass bei Verwendung des weniger klopfesten Kraftstoffes die zugeführte Menge an Luft-Kraftstoffgemisch unterhalb einer Grenzmenge gehalten wird, bei der keine Klopfgefahr besteht.

**FIGUR FÜR DIE ZUSAMMENFASSUNG**

